

Benoît Collins 氏の令和7年度科学技術分野の 文部科学大臣表彰科学技術賞受賞に寄せて

九州大学マス・フォア・インダストリ研究所

白井 朋之

京都大学理学研究科数学教室の Benoît Collins (ブノワ・コリンズ) 氏が、令和7年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞(研究部門)を受賞されました。まずは、心よりお祝い申し上げます。Collins 氏とは、彼がまだ学生の頃からの付き合いで、このたびの受賞を大変嬉しく思います。初めて Collins 氏に会ったのは、もう25年以上前のことになりますが、私が東大で東京確率論セミナーの世話人をしていたときでした。彼は当時東大におられた舟木直久氏のもとに修士か博士の交換留学生のような形で滞在していたと記憶しています。その頃は彼もまだ20代前半の若者でしたが、今では大いに貫禄が出てきます。月曜に開催されるセミナーのあとには渋谷に繰り出し、講演者を囲んで懇親会・2次会...と飲み歩いていましたが、Collins 氏も毎週のように参加してくれていました。これまで彼との共同研究等はなく、数学的な意味での私からの貢献はさほどありませんが、当時、毎週の飲み会を通じて彼に日本語や日本文化を伝える機会があり、それが私としては大きな貢献であったと(勝手ながら)思っています。毎週会うたびに日本語が上達していく様子には、「さすがフランスの秀才だな」と感心させられたものでした。

さて、今回の受賞題目は「ランダム行列と自由確率論の研究」です。ランダム行列の研究は、数理統計学者 Wishart が1928年の論文において、多変量解析のために標本共分散行列として得られるランダムな行列の分布を計算したことに端を発します。その後、1950年代以降には Wigner や Dyson をはじめとする数学者・数理物理学者たちが、原子核におけるエネルギー準位の統計的性質を説明するために、GUE や GOE と呼ばれる対称性の高いガウス型ランダム行列の固有値分布やその極限分布に関する理論的研究を押し進めました。こうした研究を通じて、ランダム行列は重要な確率モデルの一つとして広く受け入れられ、さらにはランダム行列理論と呼ばれるようになり、一つの研究分野として形成されました。その後、1980~90年代には量子カオスや量子重力のブームとともにランダム行列研究の第二の大きな波が到来しました。量子系に対するエネルギー準位(固有値)や波動関数(固有関数)の統計的研究におけるプロトタイプとしてランダム行列が盛んに取り上げられ、また、行列積分(ランダム行列による期待値)が2次元量子重力を記述する行列模型の重要な物理量として詳しく調べられるようになりました。またその中で確率論はもちろん、表現論、組合せ論、数論、代数幾何学、関数論、可積分系などとランダム行列の関連

にも注目が集まるようになり、多様な専門の研究者がこの分野に参入し、ランダム行列理論は数学、数理物理、統計学を横断する広範な研究領域へと発展を遂げるとともに、現在も活発に研究がなされています。一方で、これとある意味独立して進展していたのが自由確率論です。1980年代に Dan Voiculescu 氏が非可換確率論の枠組みの中で自由独立性という概念を導入したのが始まりで、特に、ランダム行列のサイズを無限大にした極限において、独立な行列族が自由独立性をもつことが発見されたことは画期的で、この新しい独立性の概念が非可換確率論の基盤の一つを成すこととなりました。その後、自由確率論は作用素環論や数理物理などにあらわれる非可換確率論の世界における強力な道具として確立されるとともに、通信工学・情報理論やデータサイエンスにまで応用範囲は広がっています。

このようなランダム行列と自由確率論という二つの大きな潮流を背景に、Collins 氏はランダム行列理論と自由確率論の双方へ大きく貢献してきました。Itzykson-Zuber 積分と関連して、例えばユニタリ行列空間上の Haar 測度に関して、行列成分の積のモーメントを対称群の既約表現により表示する Weingarten カルキュラスを体系化し、さらにその応用としてランダム行列の漸近的自由独立性を強い意味で再導出したのは、重要な業績の一つです。また、最近では、量子情報理論における量子チャネルや出力エントロピーの問題にランダム行列を積極的に応用することによって、この分野に新しい展望を切り開いてきました。特に、量子系の複雑な相関構造を解明し、エンタングルメント検出や量子通信の数理的基盤に寄与するなど、理論と実問題の双方において顕著な成果を挙げています。

改めて彼の業績を眺めてみると、ランダム行列の理論を深化させると同時に、それを多方面へ応用するという姿勢のもと、きわめて多岐にわたる研究をしていることがわかります。実際、本人のホームページに掲げられている「貢献したトピック」を見てみると、Weingarten カルキュラス、コンパクト量子群における Haar 測度の計算、行列積分の収束問題、高次の自由独立性、Connes の埋め込み問題、有限型 von Neumann 代数における Horn 問題、ユニタリランダム行列に対する強い漸近自由性、最小出力エントロピー加法性問題、一般化 Alon 予想、エンタングルメントの同変的検出、束縛エンタングルメントなど、多彩なテーマが並んでいます。これらの成果はすでに国際的に高い評価を得ており、今後も Collins 氏がランダム行列理論、自由確率論、そして量子情報の分野を牽引するとともに、さらに新たな地平を切り開いていくものと思います。

最近、Collins 氏、福泉麗佳氏と、ランダム行列のサマースクールを京大で開催しましたが、海外からも多くの若手研究者や学生が集まり、若手によるポスターセッションも大変盛り上がりしました。若手に積極的に声をかけて育てようとする彼の姿勢は、数学コミュニティにおいて極めて重要です。研究・教育など様々な方面から、国際的な視点で、日本数学会や世界の数学コミュニティにこれからも大きく貢献してくれることは間違いありません。Collins 氏の今後一層の多方面でのご活躍を心より期待しております。